

IAP20 Rec'd PCT/PTO 16 DEC 2009

## 明細書

## すべり軸受

## 技術分野

本発明は、高い精度を有し、摺動特性に優れ、かつ、強度特性に優れたすべり軸受に関する。

## 背景技術

従来から、回転精度の高いすべり軸受として、Cu系、Cu-Sn系、Fe-Cu系の焼結金属材からなるすべり軸受が知られている。このすべり軸受は、多孔質の焼結金属材からなる軸受部材に潤滑剤を含浸させて使用すると（焼結含油軸受）、軸部材との摺動部に潤滑剤を継続的に供給することが可能である。また、焼結金属材からなる軸受部材は加工精度を高めることが可能であり、回転精度が要求される箇所への使用に適している。

また、すべり軸受として、樹脂材にPTFE、黒鉛、二硫化モリブデン等の固体潤滑剤、潤滑油やワックス等を配合した樹脂製のすべり軸受が知られている。

さらに、焼結金属材からなる母体の所定表面に樹脂層を形成したすべり軸受も知られている（例えば、特開2002-364647号公報（以下、特許文献1という。）を参照）。

焼結金属製のすべり軸受は、支持すべき軸部材がアルミ合金材等の軟質金属材で形成されている場合、軸部材の摺動面を傷付けてしまう可能性がある。

樹脂製のすべり軸受の場合、上記の問題は起こらないが、一般に、樹脂材料は金属材料に比べて線膨張係数、吸水率が大きいため、使用温度範囲が広い場合、低温時の使用では樹脂材の収縮により軸部材に対するガタツキが生じ、高温時の使用では樹脂材の膨張により外径寸法が増大することがある。あるいは、外径側がハウジング等により拘束されている場合、内径寸法が縮小して軸部材に対するいわゆるダキツキが生じたりすることがある。また、吸水に伴う体積膨張によって、軸部材との間の摺動隙間が変化するため、事務機器などの回転精度が要求さ

れる分野への使用は困難である。

焼結金属材からなる母体の所定表面に樹脂層を形成したすべり軸受では、上記の不都合を解消することが可能であるが、例えば、カムフォロアのように、母体の外周部が相手部材と接触して転動又は摺動する用途では、母体の強度不足によって、母体の外周部に傷が付き易い傾向がある。

#### 発明の開示

従って、本発明の目的は、高い寸法精度及び回転精度を有すると共に、軟質金属からなる軸部材に対しても攻撃性が少なく、かつ、機械的強度及び耐久性に優れたすべり軸受を提供することにある。

上記目的を達成するため、本発明は、金属からなる母体と、母体の所定表面に形成され、軸部材と摺動する軸受面を有する摺動層とを備えたすべり軸受において、母体が相手部材と転動又は摺動する接触面を有し、かつ、F e系の焼結金属材で形成されている構成を提供する。

母体をF e系の焼結金属材で形成しているので、高い寸法精度及び回転精度を得ることができる。しかも、母体の所定表面に形成された摺動層は、樹脂材料やエラストマー等比較的軟らかい材料をベース材料とし、その軸受面で軸部材と摺動するので、軸部材が軟質金属で形成されている場合でも、軸部材の摺動面を傷付けることがない。また、F e系の焼結金属材はC u系等の焼結金属材に比べて高い機械的強度を有するので、相手部材と転動又は摺動する母体の接触面に傷が付きにくくなり、高い耐久性が得られる。

ここで、「F e系」とは、F eの含有量が重量比で90%以上であることを意味する。この条件を満たす限り、C u、S n、Z n、C等の他の成分を含有していても良い。また、ここでの「F e」にはステンレスも含まれる。

F e系の焼結金属材からなる母体は、例えば、F eを上記の含有量配合した原料金属粉末（成型性や離型性を高めるため、必要に応じて少量のバインダー等を添加しても良い。）を所定形状に成形し、脱脂し、焼成して得られた焼結体に、必要に応じてサイジング等の後処理を施して形成することができる。母体の内部には焼結金属の多孔質組織による多数の内部細孔があり、また、母体の表面には

内部細孔が外部に開口して形成された多数の表面開孔がある。通常、母体は円筒状に形成され、その内周に軸部材が挿入され、その外周に相手部材と転動又は摺動する接触面が設けられる。母体の内部細孔には、例えば真空含浸等によって潤滑油等を含浸させても良い。

摺動層は、母体の所定表面に形成され、軸部材と摺動する軸受面を有する。特に、摺動層を形成する摺動材組成物が樹脂をベース材料とする場合には、摺動層の成形時、摺動層を形成する溶融樹脂組成物が母体の所定表面の表面開孔から表層部の内部細孔に入り込んで固化する。これにより、摺動層は一種のアンカー効果によって母体表面に強固に密着するので、軸部材との摺動による摺動層の剥離、脱落が抑えられ、高い耐久性が得られる。

母体の表面、少なくとも摺動層が形成される所定表面の表面開孔率は20%～50%とするのが好ましい。表面開孔率が20%未満であると、摺動層に対する上記のアンカー効果が十分に得られず、表面開孔率が50%を越えると、所要の寸法精度及び機械強度が得られない。尚、「表面開孔率」とは、表面の単位面積当りに占める表面開孔の総面積の割合（面積比）である。また、表面開孔率は、母体の全表面について同じであっても良いし、摺動層が形成される所定表面とその他の表面とで異なっても良い。

摺動層における{摺動層を形成する摺動材組成物の線膨張係数( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )} $\times$ {摺動層の肉厚( $\mu\text{m}$ )}は、0.15以下であることが好ましく、より好ましくは0.13以下、さらに好ましくは0.10以下であるのが良い。上記の値が0.15より大きいと、温度変化や吸水に伴う摺動層の寸法変化によって、軸部材との間の摺動隙間が比較的大きく変動して、トルク変動や回転精度の低下につながりやすい。一方、樹脂をベース材料とする場合に成形可能な摺動層（樹脂層）の厚みは50 $\mu\text{m}$ 程度であり、これより薄いと成形が困難となる。従って、上記の値は0.003以上であることが好ましく、より好ましくは0.01以上、さらに好ましくは0.015以上であるのが良い。

上記摺動層は、摺動特性に優れた合成樹脂、エラストマー等をベース材料として形成することが好ましい。上記合成樹脂としては、例えば低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、超高分子量ポリエチレン等のポリエチレン樹脂、変性ポリ

エチレン樹脂、水架橋ポリオレフィン樹脂、ポリアミド樹脂、芳香族ポリアミド樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、シリコーン樹脂、ウレタン樹脂、ポリテトラフルオロエチレン樹脂、クロロトリフルオロエチレン樹脂、テトラフルオロエチレン・ヘキサフルオロプロピレン共重合体樹脂、テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体樹脂、フッ化ビニリデン樹脂、エチレン・テトラフルオロエチレン共重合体樹脂、ポリアセタール樹脂、ポリエチレンテレフタレート樹脂、ポリブチレンテレフタレート樹脂、ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリカーボネート樹脂、脂肪族ポリケトン樹脂、ポリビニルピロリドン樹脂、ポリオキサゾリン樹脂、ポリフェニレンサルファイド樹脂、ポリエーテルサルフォン樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリアミドイミド樹脂、ポリエーテルエーテルケトン樹脂、熱可塑性ポリイミド樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂等が使用可能である。また、上記合成樹脂から選択された2種以上の材料の混合物、すなわちポリマーアロイなども使用可能である。これらの中でも、ポリエチレン樹脂は非常に優れた低摩擦性を有しており、上記ベース材料として好適である。さらに耐摩耗性も考慮すると、超高分子量成分を含むポリエチレン樹脂がより好ましい。

また、上記摺動層は、例えば膜状に形成することもでき、その場合には、例示した合成樹脂のうち、有機触媒に溶解あるいは分散可能な樹脂が好適に使用可能である。この他にも、成膜時の硬化反応で高分子量化する初期縮合物などが同様に使用可能である。

上述のベース材料には、さらなる潤滑性向上のために固体潤滑剤あるいは潤滑油等の潤滑剤を配合することもできる。上記潤滑剤のうち、固体潤滑剤としては、例えばアミノ酸化合物やポリオキシベンゾイルポリエステル樹脂、ポリベンゾイミダゾール樹脂、液晶樹脂、アラミド樹脂のパルプ、ポリテトラフルオロエチレン、黒鉛、二硫化モリブデン、窒化ホウ素、二硫化タングステン等が使用可能である。また、潤滑油としては、例えばスピンドル油、冷凍機油、タービン油、マシン油、ダイナモ油等の鉱油、ポリブテン油、ポリ $\alpha$ オレフィン油、アルキルナフタレン油、脂環式化合物油等の炭化水素系合成油、または、天然油脂とポリオ

ールとのエステル油、リン酸エステル油、ジエステル油、ポリグリコール油、シリコーン油、ポリフェニルエーテル油、アルキルジフェニルエーテル油、アルキルベンゼン油、フッ素化油等の非炭化水素系合成油など、一般に使用されている潤滑油等が使用可能である。また、これらの潤滑剤を母体の内部細孔内に含浸させ、摺動層を介して軸受面に滲み出させて摺動部の潤滑を行うことも可能である。

特に潤滑油を上記摺動層のベース材料に配合した場合には、摺動相手材との摺動状態を、潤滑油による境界潤滑とすることができるので、上記固体潤滑剤を配合した場合と比べてさらなる低摩擦化が実現できる。

しかしながら、上記ベース材料に潤滑剤のみを配合した場合、以下に示す問題を生じる場合がある。すなわち、潤滑油等の潤滑剤を配合した摺動材組成物で形成した摺動層の使用時（摺動相手材との摺動時）、摺動層が徐々に摩耗して潤滑油層が摺動面に現れると、潤滑油が摺動部表面に滲み出す。潤滑油の滲み出し具合は制御することが困難であるため、安定的に潤滑油を摺動面に供給することが難しい。また、潤滑油が滲み出した後の空孔は摺動層の強度低下を引き起こす可能性がある。そこで、本発明では、摺動層を形成する摺動材組成物のベース材料に、潤滑剤を配合し、さらに潤滑剤を含浸させた多孔質シリカを配合した。

かかる構成によれば、（１）摺動面に継続して潤滑剤を供給できるので、優れた摩擦・摩耗特性を安定的に付与することができる、（２）成形性が確保できる範囲内でベース材料に潤滑剤を配合し、さらに、潤滑剤（特に潤滑油）を含浸させた多孔質シリカを配合することで、摺動材組成物中に含まれる潤滑剤の量を増加させることができる、（３）潤滑剤を含浸させた多孔質シリカを配合することにより、潤滑剤が多孔質シリカ内の空間に保持されるので、単に多量の潤滑剤を配合した場合と比べて、特にベース材料が樹脂の場合、射出成形時等にスクリュがすべる、計量が不安定となってサイクルタイムが長くなる、寸法精度が出にくい、金型表面に潤滑剤が付着して成形面の仕上がりが悪くなる等の不具合を回避することができる、（４）ベース材料と潤滑剤との相溶性に多少問題があっても、多孔質シリカ内の空間に潤滑剤を含浸させることで、両者を組合わせて使用することができる、等多くのメリットが得られる。

上記多孔質シリカとしては、潤滑剤を含浸・保持できるものであればよく、例

例えば沈降性シリカ（例えば、一次粒子径が15 nm以上）等、種々のものが使用可能である。その中でも、連続孔を有しかつ球状の多孔質シリカが好ましく、特に真球状の多孔質シリカであればなお良い。ここで、球状とは長径に対する短径の比が0.8～1.0の球をいい、真球状とは球状よりもより真球に近い球をいう。

球状多孔質シリカは、摺動面に露出した状態では摺動面におけるせん断力で破壊されるため、摺動相手材が軟質材（軟質金属を含む）であっても、摺動相手材を傷付けずに済む。また、これら充填材をベース材料に配合した摺動材組成物に、さらに補強材を配合することを考えた場合、潤滑剤と補強材とをそれぞれ単体で配合して混練したのでは、補強材とベース材料（例えば合成樹脂）との界面に潤滑剤が局在化するため、補強材による補強効果が十分に発揮されない。しかし、潤滑剤と多孔質シリカ、特に球状多孔質シリカに潤滑剤を含浸させたものを補強材と混練すれば、補強材とベース材料との界面に局在化する潤滑剤を大幅に減じることができるので、所望の補強効果が得られる。

上記球状の多孔質シリカを使用する際には、その大きさにも留意する必要がある。例えば球状多孔質シリカの平均粒子径が0.5  $\mu\text{m}$ 未満だと、潤滑剤の含浸量が充分でなく、また作業性の面で問題が生じる。平均粒子径が100  $\mu\text{m}$ を超えると、熔融状態の摺動材組成物中での分散性が悪い。また上記熔融状態の摺動材組成物の混練時にかかるせん断力により、一次粒子の凝集体が破壊され、球状を保持できない可能性がある。これらの観点から、上記球状の多孔質シリカ、特に真球状の多孔質シリカの平均粒子径は0.5  $\mu\text{m}$ ～100  $\mu\text{m}$ であることが好ましい。特に取り扱い易さ（作業性）や摺動特性を考慮すると、1  $\mu\text{m}$ ～20  $\mu\text{m}$ のものがより好ましい。このような平均粒子径を有する真球状シリカ粒子であれば、その内部に潤滑剤を十分に保持し、かつ内部に保持した潤滑剤を摺動面に少量ずつ供給することが可能となる。上記平均粒子径を有する真球状多孔質シリカは、例えばアルカリ金属塩もしくはアルカリ土類金属塩を含有したケイ酸アルカリ水溶液を有機触媒中で乳化し、炭酸ガスでゲル化させることにより生成することができる。なお、ここで得られる真球状多孔質シリカの一次粒子径は3～8 nmである。

また、上記多孔質シリカには、高吸油性（高潤滑剤保持性）の観点から、その比表面積が  $200 \sim 900 \text{ m}^2/\text{g}$  であるものが好ましく、 $300 \sim 800 \text{ m}^2/\text{g}$  であればより好ましい。また、細孔面積は  $1 \sim 3.5 \text{ ml/g}$ 、細孔径は  $5 \sim 30 \text{ nm}$  であればよく、 $20 \sim 30 \text{ nm}$  であればなお良い。吸油量に関しては、 $150 \sim 400 \text{ ml}/100 \text{ g}$  であることが好ましく、 $300 \sim 400 \text{ ml}/100 \text{ g}$  であればより好ましい。また、通常雰囲気下での使用を考慮すれば、水に浸漬させた後、再度乾燥しても、上記細孔容積および吸油量が浸漬前の  $90\%$  以上を保つことが好ましい。ここで、比表面積および細孔容積は窒素吸着法により、吸油量は JIS K5101 に準じて測定した値である。

このように、本発明に使用する多孔質シリカは、真球状であって、かつ上記範囲内の平均粒子径、比表面積、細孔面積、細孔径、吸油量を有していることが非常に好ましいが、例えば平均粒子径、比表面積、吸油量等が上記範囲内であれば、非球状多孔質シリカであっても特に問題なく使用することができる。同様に、平均粒子径が  $1000 \mu\text{m}$  程度のものであっても、ベース材料との相性、配合割合によっては、問題なく使用することができる。あるいは、ベース材料との相性に問題があるものであっても、多孔質シリカに、有機系、無機系を問わず各種の表面処理を施すことで、使用することも可能である。以上、好ましく使用できる多孔質シリカとして、旭硝子社製：サンスフェア、鈴木油脂工業社製：ゴットボール、富士シリシア社製：サイロスフェア等が例示可能である。また、この他にも（株）東海化学工業所製：マイクロイドが多孔質シリカとして使用可能である。

潤滑油をはじめとする潤滑剤は、上記例示のように、種々のものを使用することができるが、その中でも、摺動材組成物（特に樹脂組成物）の混練、成形温度に対する耐熱性を有する点や、非常に優れた摩擦特性を有する点、さらには上記多孔質シリカの表面あるいは内部に残存するシラノール基（ $\text{Si}-\text{OH}$ ）との親和性等の点を考慮して、特にシリコーン油を使用するのが好ましい。これによれば、シリコーン油を、上記多孔質シリカの内部に保持し易くなるため、より一層高い油保持性が得られる。シリコーン油としては、官能基を有さないシリコーン油、官能基を有するシリコーン油の何れも使用できる。

多孔質シリカは、上記摺動層中に  $1 \sim 20$  容量%含まれることが好ましく、潤

滑剤を保持する効果、強度面を考慮すれば、2～15容量%がさらに好ましい。また、潤滑剤の摺動層中の含有量は5～40容量%であることが好ましい。これは、潤滑剤の含有量が5容量%未満だと、潤滑剤による潤滑効果が充分でなく、40容量%を超えるとベース材料の量が少なくなり強度が大幅に低下する可能性があるためである。なお、各配合物の容量%の値にその密度を乗じることにより配合重量を算出できる。ここで、多孔質シリカの容量%は、多孔質でないシリカを配合したと仮定して求めた割合である。すなわち、多孔質シリカの嵩比重ではなく、真比重を用いて算出したものである。このため、内部に連通した空孔を有する状態での実際の容量割合は、より大きな値となる。

上記ベース材料には、上記多孔質シリカや潤滑剤の他に、摩擦・摩耗特性の改善、線膨張係数の低減のために、適当な充填材を添加することもできる。例えば、ガラス繊維、カーボン繊維、ピッチ系炭素繊維、PAN系炭素繊維、アラミド繊維、アルミナ繊維、ポリエステル繊維、ボロン繊維、炭化珪素繊維、窒化ホウ素繊維、窒化珪素繊維、金属繊維、アスベスト、石炭ウール等の繊維類や、これらを布状に編んだもの、炭酸カルシウムやタルク、シリカ、クレー、マイカ等の鉱物類、酸化チタンウイスカ、ホウ酸アルミニウムウイスカ、チタン酸カリウムウイスカ、硫酸カルシウムウイスカ等の無機ウイスカ類、カーボンブラック、黒鉛、ポリイミド樹脂やポリベンゾイミダゾール等の各種耐熱性樹脂等が挙げられる。さらに、摺動層の熱伝導性を向上させる目的で、カーボン繊維、金属繊維、黒鉛粉末、酸化亜鉛等を添加しても良い。また、炭酸リチウム、炭酸カルシウム等の炭酸塩、リン酸リチウム、リン酸カルシウム等のリン酸塩等を配合しても良い。なお、これら上記充填材は複数組み合わせることもできる。

この他にも、この発明の効果を阻害しない範囲内で、一般合成樹脂に広く適用しうる添加剤を併用しても良い。例えば、離型剤、難燃剤、帯電防止剤、耐候性改良剤、酸化防止剤、着色剤等の工業用添加剤が適宜添加可能である。また、摺動層の潤滑性を損なわない範囲内で、中間製品または最終製品の形態において、別途、アニール処理等の化学的又は物理的な処理によって性質改善のための変性が可能である。

上記摺動材組成物のうち、特に樹脂組成物の混練には、従来からよく知られた



方法を利用することができる。例えばヘンシェルミキサー、ボールミル、タンブラーミキサー等の混合機によって樹脂組成物を混合した後、熔融混合性のよい射出成形機もしくは熔融押し出し機（例えば2軸押し出し機）に供給するか、または予め熟ローラ、ニーダ、バンバリーミキサー、熔融押し出し機などを利用して熔融混合しても良く、あるいは真空成形、吹き込み成形、発泡成形、多層成形、加熱圧縮成形等を行ってもよい。なお、ベース材料（ここでは樹脂）と多孔質シリカと潤滑剤との混練に際しては、混練順序は特に限定しないが、好ましくは多孔質シリカと潤滑剤とを予め混練し、多孔質シリカに潤滑剤を含有させた後でベース材料と混練するのがよい。また、多孔質シリカは吸湿・吸水しやすいので、混練前に乾燥することが好ましい。乾燥手段としては特に制限無く、電気炉での乾燥、真空乾燥などを採用できる。

上記摺動層が、例えば膜状に形成される場合には、潤滑剤を含浸させた多孔質シリカを、合成樹脂からなるベース材料に配合して一般的なコーティング液と混合する。コーティング処理には、汎用のコーティング処理手段を使用することができ、例えばスプレー法や静電塗装法、流動浸漬法など種々の処理手段が使用可能である。

多孔質シリカと潤滑剤とを予め混合する場合、潤滑剤の粘度が高いと球状多孔質シリカの内部に潤滑剤が浸透しにくい。その際は、潤滑剤が溶解する適当な溶媒で希釈し、その希釈液を多孔質シリカに浸透させ、徐々に乾燥させて溶媒を揮発させることで多孔質シリカの内部に潤滑剤を含浸させる方法を探ることができる。あるいは、潤滑剤が潤滑油である場合、多孔質シリカを潤滑油中に浸し、真空引きを行って強制的に多孔質シリカの内部に潤滑油を浸透させる方法、潤滑剤が常温で固体の場合、適当な温度に加熱し、潤滑剤を熔融させて含浸させる方法、潤滑剤が常温で液体であっても、粘度が高い場合、適当な温度に加熱し、潤滑剤の粘度を低下させて含浸させる方法等も有効に使用可能である。また、不飽和ポリエステル樹脂などの液状樹脂に球状多孔質シリカの油含有物を混合した上で各種織布に含浸させ、それを積層したものを摺動層として使用することも可能である。

本発明によれば、高い寸法精度及び回転精度を有すると共に、軟質金属からな

部材 5 の接触面 5 a と接触し、接触面 5 a 上を転動又は摺動する。このとき、すべり軸受 2 は軸部材 1 に対して回転し、この回転は、摺動層 2 b の軸部材 1 に対する摺動によって回転自在支持される。すなわち、摺動層 2 b のうち、母体 2 a の内周面 2 a 1 に形成された領域は軸部材 2 の外周面 1 a と接触し、ラジアル荷重を支持するラジアル軸受面 2 b 1 として機能する。同時に、摺動層 2 b のうち、母体 2 a の両端面 2 a 2 に形成された領域は、軸部材 1 の肩部 1 b、スラストワッシャ 3 とそれぞれ接触し、スラスト荷重を支持するスラスト軸受面 2 b 2、2 b 3 として機能する。

尚、すべり軸受 2 の摺動層 2 b は、ラジアル軸受面 2 b 1 のみを有する構成、ラジアル軸受面 2 b 1 に加え、スラスト軸受面 2 b 2 及び 2 b 3 のうち一方のみを有する構成としても良い。すなわち、摺動層 2 b を、母体 2 a の内周面 2 a 1 にのみ形成し、あるいは、母体 2 a の内周面 2 a 1 から一方の端面 2 a 2 にかけて形成しても良い。

る軸部材に対しても攻撃性が少なく、かつ、機械的強度及び耐久性に優れたすべり軸受を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施形態に係るカムフォロアを示す断面図である。

図 2 は、本発明の実施形態に係るすべり軸受を示す断面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態について説明する。

図 1 は、実施形態に係るカムフォロアを示している。このカムフォロアは、図示されていない一端部を片持ち支持される軸部材（スタッド）1 と、軸部材 1 の他端部外周に装着されたすべり軸受 2 とを備えている。

軸部材 1 は、例えば、黄銅、アルミ合金等の軟質金属材で形成され、その他端部に、小径となった外周面 1 a と、肩部 1 b とを備えている。

図 2 に示すように、すべり軸受 2 は、例えば、Fe の含有量が 90 wt % 以上の Fe 系の焼結金属材からなる円筒状の母体 2 a と、母体 2 a の内周面 2 a 1 から両端面 2 a 2 にかけて形成された摺動層 2 b とで構成される。摺動層 2 b は、例えばポリエチレン樹脂等のベース材料に、シリコン油等の潤滑剤およびこの潤滑剤を含浸させた球状多孔質シリカを配合した摺動材組成物で形成されており、この実施形態では、上記摺動材組成物（樹脂組成物）を母体 2 a の上記表面にインサート成形して形成される。母体 2 a の外周面 2 a 3 には摺動層は形成されていない。また、母体 2 a の内部細孔には上述の潤滑剤が含浸されていても良い。

図 1 に示すように、すべり軸受 2 は、軸部材 1 の外周面 1 a に外挿され、軸部材 1 の肩部 1 b と、軸部材 2 の外周面 1 a に嵌着されたスラストワッシャ 3 及び抜け止めリング 4 とによって軸方向への移動が規制される。例えば、スラストワッシャ 3 は摺動特性に優れた樹脂材料で形成され、抜け止めリング 4 はアルミ合金等の軟質金属材で形成される。

すべり軸受 2 は、母体 2 a の外周面 2 a 3 がカムやガイドレールといった相手

## 【実施例】

【表 1】

番号		線膨張係数 1/℃	樹脂層の 厚さ、 $\mu\text{m}$	係数 <sup>1)</sup>	比摩耗量 $\times 10^{-8}\text{mm}^3/(\text{N}\cdot\text{m})$	軸の 摩耗
実施例	1	0.00013	250	0.0325	80	なし
	2	0.00013	500	0.065	80	なし
	3	0.00013	770	0.1001	80	なし
	4	0.00013	900	0.117	80	なし
	5	0.00013	1150	0.1495	80	なし
	6	0.00013	250	0.0325	80	なし
	7	0.00013	250	0.0325	50	なし
	8	0.00013	250	0.0325	30	なし
	9	0.00013	250	0.0325	20	なし
比較例	1	—	—	—	>10000	あり
	2	0.00013	樹脂一体	—	80	なし
	3	0.00013	1600	0.208	80	なし
	4	0.00013	500	0.07	試験不可	—
	5	0.00013	250	0.0325	試験不可	—
	6	0.00013	250	0.0325	試験不可	—
	7	0.00013	250	0.0325	600	なし
	8	0.00010	250	0.0325	1100	あり

1) 係数＝樹脂の線膨張係数（1/°C）×樹脂層の肉厚（ $\mu\text{m}$ ）

【表 2】

番号		摩擦 係数	寸法変化 の判定	試験片の寸法変化、 $\mu\text{m}$		隙間、 $\mu\text{m}$	
				-10℃	60℃	-10℃	60℃
実施例	1	0.08	○	0.3	-0.3	25.5	12.6
	2	0.08	○	1.2	-1.6	26.5	11.3
	3	0.08	○	2.3	-3.1	27.6	10.5
	4	0.08	○	2.9	-3.9	28.2	10.2
	5	0.08	○	4.0	-5.3	29.3	9.7
	6	0.08	○	0.3	-0.3	25.5	12.6
	7	0.08	○	0.3	-0.3	25.5	12.6
	8	0.08	○	0.3	-0.3	25.5	12.6
	9	0.08	○	0.3	-0.3	25.5	12.6
比較例	1	0.70	○	-3.1	3.9	13.1	11.8
	2	0.08	×	14.8	-19.7	35.0	-11.7
	3	0.08	×	6.2	-8.3	31.4	4.7
	4	—	—	—	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—
	6	—	—	—	—	—	—
	7	0.18	○	0.5	-0.2	25.8	12.5
	8	0.32	○	0.0	-0.1	25.3	12.9

## (実施例 1)

$\phi 8.5 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ の焼結金属 (Fe : 98.5 wt % - Cu : 1.5 wt %系、孔の大きさの平均値 :  $125 \mu\text{m}$ 、平均深さ :  $20 \mu\text{m}$ 、凹部の割合 : 30 %、線膨張係数 :  $1.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ) からなる軸受母体を用意する。射出成形用の金型内にこの軸受母体を装着し、軸受母体の内周面に下記に示す樹脂組成物 (摺動材組成物) を用いて、下記の方法で樹脂層 (摺動層) を形成し、 $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ の複合すべり軸受を作製した (樹脂組成物の線膨張係数 :  $1.3 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 、樹脂層の肉厚 :  $250 \mu\text{m}$ )。得られた複合すべり軸受を用いて、以下の条件で試験を行った。試験結果を表 1 に示す。

## &lt;樹脂材料&gt;

ベース材料には、ポリエチレン樹脂として三井石油化学社製のリュブマー L 5000 を使用した。潤滑剤には、シリコン油として信越シリコン社製の KF 96 H - 6000 を、多孔質シリカとして旭硝子 (株) 製 : サンスフェア H 33 をそれぞれ使用した。多孔質シリカとシリコン油を、混合比 1 : 2.76 (重量換算) で混合した物 (31.6 wt %) とポリエチレン樹脂 (68.4 wt %) を 2 軸押し出し装置で熔融混練し、ペレットを作製した。

## &lt;インサート成形条件&gt;

金型内に所定形状の軸受母体を固定し、上記油含有ペレットを用いてインサート成形を行った。その際の金型温度は  $100 ^\circ\text{C}$ 、成形温度は  $210 ^\circ\text{C}$ 、射出圧力は  $140 \text{ MPa}$  である。

## &lt;試験条件&gt;

## [摩擦・摩耗試験]

相手材には A 5056 (アルミニウム合金、 $R_a = 0.8 \mu\text{m}$ )、 $\phi 7.98 \text{ mm}$ の軸部材を使用した。試験時の面圧は  $1 \text{ MPa}$  (投影面積に換算)、周速は  $3 \text{ m/min}$ 、試験温度は  $30 ^\circ\text{C}$ 、試験時間は  $120 \text{ h}$  である。測定項目は、試験軸受の比摩耗量、軸の摩耗の有無、および試験終了時の動摩擦係数とした。なお、軸部材とすべり軸受の隙間は、 $20 \mu\text{m}$  ( $20 ^\circ\text{C}$ で測定) とした。

## [内径側寸法の変化の測定]

熱による膨張の影響を調べるため、すべり軸受の外径側を焼結金属で拘束し、

内径側のみ寸法が変化できるようにして $-10^{\circ}\text{C}$ から $60^{\circ}\text{C}$ まで変化させ、内径側寸法がどの程度変化するか測定した（ $20^{\circ}\text{C}$ の寸法を基準とし、 $-10^{\circ}\text{C}$ と $60^{\circ}\text{C}$ での寸法変化量を求めた）。各温度での試験片内径の寸法変化量と軸部材の寸法変化量を測定し、隙間が $0\sim 30\mu\text{m}$ の場合：○、隙間が $0$ 未満（軸へのダキツキ発生）あるいは $30\mu\text{m}$ 以上の場合：×と判定した。

[隙間の測定]

樹脂層と内挿したA5056からなる軸部材との隙間を、 $-10^{\circ}\text{C}$ 及び $60^{\circ}\text{C}$ の場合について測定した。なお、初期の隙間は、 $15\mu\text{m}$ に設定した。また、軸部材の寸法変化量は、 $-5.2\mu\text{m}$ （ $-10^{\circ}\text{C}$ の場合）、 $7\mu\text{m}$ （ $60^{\circ}\text{C}$ の場合）であった（軸材質の線膨張係数は、 $2.2\times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ）。

(実施例2)

樹脂層の肉厚を異ならせた（ $500\mu\text{m}$ ）以外は、実施例1と同様にして、 $\phi 8\text{mm}\times\phi 14\text{mm}\times t5\text{mm}$ の複合すべり軸受を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

(実施例3)

樹脂層の肉厚を異ならせた（ $770\mu\text{m}$ ）以外は、実施例1と同様にして、 $\phi 8\text{mm}\times\phi 14\text{mm}\times t5\text{mm}$ の複合すべり軸受を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

(実施例4)

樹脂層の肉厚を異ならせた（ $900\mu\text{m}$ ）以外は、実施例1と同様にして、 $\phi 8\text{mm}\times\phi 14\text{mm}\times t5\text{mm}$ の複合すべり軸受を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

(実施例5)

樹脂層の肉厚を異ならせた（ $1150\mu\text{m}$ ）以外は、実施例1と同様にして、 $\phi 8\text{mm}\times\phi 14\text{mm}\times t5\text{mm}$ の複合すべり軸受（樹脂層の肉厚： $1150\mu\text{m}$ ）を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

(実施例6)

$\phi 8.5\text{mm}\times\phi 14\text{mm}\times t5\text{mm}$ の焼結金属（Fe：98.5wt%—Cu：

1. 5 w t %系、孔の大きさの平均値：250  $\mu$  m、平均深さ：50  $\mu$  m、凹部の割合：50 %、線膨張係数： $1.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  からなる軸受母体を用いた以外は、実施例1と同様にして、 $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$ の複合すべり軸受（樹脂層の肉厚：250  $\mu$  m）を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

（実施例7）

実施例1で作製された複合すべり軸受の軸受母体にシリコンオイル（信越シリコン社製：KF96H）を含浸させた。これを用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

（実施例8）

実施例1で作製された複合すべり軸受の軸受内径面の樹脂層に、環状の凹部（幅×長さ×深さ＝1 mm×5 mm×150  $\mu$  m、断面形状：半円状、配置場所：アキシャル方向に3箇所等配で配置）を形成した。このときの凹部一箇所あたりの見かけ面積の全内径面積に対する割合は、 $\{ (1 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}) / (8 \text{ mm} \times 5 \text{ mm} \times \pi) \} \times 100 = 3.97\%$ である。これを用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

（実施例9）

実施例8で作製された複合すべり軸受の軸受母体にシリコンオイル（信越シリコン社製：KF96H）を含浸させた。これを用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表1に示す。

（比較例1）

$\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$ の焼結金属（Fe：98.5 w t %－Cu：1.5 w t %系、孔の大きさの平均値：250  $\mu$  m、平均深さ：50  $\mu$  m、凹部の割合：30 %、線膨張係数： $1.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 、Cu－Sn系）からなる軸受母体をすべり軸受として使用する。この焼結金属軸受をエステル油（日本油脂製：H481R）中に浸し、真空含浸処理を行い気孔の部分に油を封入した。この試験軸受を用いて実施例1と同様の条件で各種試験を行った。試験結果を表1に示す。

（比較例2）



実施例 1 に使用した樹脂組成物のみで  $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  のすべり軸受を製造し、実施例 1 と同様の条件で摩擦・摩耗試験と各種評価試験を行った。試験結果を表 1 に示す。

(比較例 3)

$\phi 11.2 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の焼結金属 (Fe : 98.5 wt % - Cu : 1.5 wt % 系、孔の大きさの平均値 :  $250 \mu\text{m}$ 、平均深さ :  $50 \mu\text{m}$ 、凹部の割合 : 30 %、線膨張係数 :  $1.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ) からなる軸受母体を用意する。射出成形用の金型内にこの軸受母体を装着し、実施例 1 の樹脂組成物で前記軸受母体の内周面にインサート成形を行うことで、 $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の複合すべり軸受 (樹脂層の肉厚 :  $1600 \mu\text{m}$ ) を作製した。実施例 1 と同様の条件で各種試験を行った。試験結果を表 1 に示す。

(比較例 4)

$\phi 9 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の SUS 304 (表面あらさ  $R_a = 0.01 \mu\text{m}$ ) からなる軸受母体を用いた以外は、実施例 3 と同様にして、 $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の複合すべり軸受 (樹脂層の肉厚 :  $500 \mu\text{m}$ ) を作製した。得られた複合すべり軸受は、軸受母体と樹脂層の間で剥がれが発生したため、試験を行うことができなかった。

(比較例 5)

$\phi 8.5 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の焼結金属 (Fe : 98.5 wt % - Cu : 1.5 wt % 系、孔の大きさの平均値 :  $250 \mu\text{m}$ 、平均深さ :  $100 \mu\text{m}$ 、凹部の割合 : 10 %、線膨張係数 :  $1.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ) からなる軸受母体を用いた以外は、実施例 1 と同様にして、 $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の複合すべり軸受 (樹脂層の肉厚 :  $250 \mu\text{m}$ ) を作製した。得られた複合すべり軸受は、軸受母体と樹脂層の間で剥がれが発生したため、試験を行うことができなかった。

(比較例 6)

$\phi 8.5 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の焼結金属 (Fe : 98.5 wt % - Cu : 1.5 wt % 系、孔の大きさの平均値 :  $3 \mu\text{m}$ 、平均深さ :  $1 \mu\text{m}$ 、凹部の割合 : 30 %、線膨張係数 :  $1.1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ) からなる軸受母体を用いた以外は、実施例 1 と同様にして、 $\phi 8 \text{ mm} \times \phi 14 \text{ mm} \times t 5 \text{ mm}$  の複合すべり軸受 (樹脂

層の肉厚：250  $\mu\text{m}$ ) を作製した。得られた複合すべり軸受は、焼結金属層と樹脂層の間で剥がれが発生したため、試験を行うことができなかった。

(比較例 7)

樹脂層をポリエチレン樹脂単体 (三井石油化学社製：リュブマー L5000) で形成した以外は実施例 1 と同じ内容で  $\phi 8\text{mm} \times \phi 14\text{mm} \times t 5\text{mm}$  の複合すべり軸受 (樹脂層の肉厚：250  $\mu\text{m}$ ) を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表 1 に示す。

(比較例 8)

樹脂層をポリアセタール樹脂単体 (ポリプラスチック社製：ジュラコン M90-02、線膨張係数： $1.0 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ) で形成した以外は実施例 1 と同じ内容で  $\phi 8\text{mm} \times \phi 14\text{mm} \times t 5\text{mm}$  の複合すべり軸受 (樹脂層の肉厚：250  $\mu\text{m}$ ) を作製した。得られた複合すべり軸受を用いて、上記の条件で試験を行った。試験結果を表 1 に示す。

(結果)

実施例 1 ~ 9 に示すように適切な孔の大きさ、深さ、凹部の割合を持った Fe 系焼結金属とポリエチレンにシリコン油と多孔質シリカを配合した樹脂層を併用した場合、焼結金属と樹脂層の間で密着力の不足によるはがれは発生しなかった。比摩耗量は  $100 \times 10^{-8} \text{mm}^3 / (\text{N} \cdot \text{m})$  以下と少なく、かつ相手部材 (軸部材) の摩耗はなく、また動摩擦係数も 0.2 以下と低い値を示した。また、熱膨張による寸法変化も小さく、寸法安定性に優れていた。

それに対し、比較例 1 のように焼結金属層のみですべり軸受を構成した場合、寸法変化は小さいが、軸部材の摩耗が発生しかつ摩擦係数も 0.7 と高い値を示した。また、比較例 2 のように樹脂材料のみですべり軸受を構成した場合、比摩耗量は少なく、かつ軸部材の摩耗もなく、摩擦係数も小さいが、熱膨張による寸法変化が大きかったため、高精度が要求される箇所への使用には適さない。比較例 3 のように樹脂層と焼結金属層を併用した軸受の場合、比摩耗量は少なく、かつ軸部材の摩耗はなく摩擦係数も小さいが、樹脂層が厚いため、高温時、金属層からの形状拘束を受けて、体積膨張が内径側へ逃げて、内径寸法が小さくなる。その結果、軸部材との隙間が初期値よりも大幅に小さくなり、軸部材へのダキツ

キが発生するため好ましくない。比較例 4 のように SUS 304 と樹脂層を併用した場合、SUS 304 の表面が滑らかであり、樹脂層との密着力が弱いため、成形収縮により界面ではがれが生じた。金属層表面に凹凸がない場合、金属と樹脂の複合体を得ることは困難である。比較例 5 のように凹部の割合が 3 % と少ない焼結金属の場合、比較例 4 の SUS 304 を使用した場合と同様に樹脂層との密着力が弱いため、成形収縮により界面ではがれが生じた。比較例 6 のように孔の大きさが  $3\ \mu\text{m}$  と小さい場合、熔融樹脂が孔に入り込めない為に密着力が低下し成形収縮により界面ではがれが生じた。比較例 7 のように樹脂層にポリエチレン樹脂単体を使用した場合、摩擦係数は比較的低い値を示したが、摩耗が大きかった。比較例 8 のように樹脂層にポリアセタール樹脂単体を用いた場合、摩擦係数、比摩耗量ともに大きく、相手部材（軸部材）の表面に摩耗が見られた。

#### 産業上の利用可能性

本発明のすべり軸受は、例えばカムフォロアに好適であり、特に回転精度が要求される事務機器用のカムフォロアに好適である。

## 請求の範囲

1. 金属からなる母体と、該母体の所定表面に形成され、軸部材と摺動する軸受面を有する摺動層とを備えたすべり軸受において、

前記母体が相手部材と転動又は摺動する接触面を有し、かつ、Fe系の焼結金属材で形成されていることを特徴とするすべり軸受。

2. 前記摺動層が形成された前記母体の表面の表面開孔率が20%～50%であることを特徴とする請求項1に記載のすべり軸受。

3. 前記摺動層における（摺動層を形成する摺動材組成物の線膨張係数）×（摺動層の肉厚）が0.15以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載のすべり軸受。

4. 前記摺動層を形成する摺動材組成物には、潤滑剤が含まれていることを特徴とする請求項1からの3の何れかに記載のすべり軸受。

5. 前記摺動層を形成する摺動材組成物には、さらに潤滑剤を含浸させた多孔質シリカが含まれていることを特徴とする請求項4に記載のすべり軸受。

6. 前記多孔質シリカは、連続孔を有する球状多孔質シリカであることを特徴とする請求項5に記載のすべり軸受。

7. 前記球状多孔質シリカの平均粒子径が0.5～100 $\mu$ mであることを特徴とする請求項6に記載のすべり軸受。

8. 前記摺動層を形成する摺動材組成物のベース材料が、ポリエチレン樹脂であることを特徴とする請求項1から7の何れかに記載のすべり軸受。

9. 前記潤滑剤が、シリコーン油であることを特徴とする請求項4から8の何れかに記載のすべり軸受。

10. 片持ち支持される軸部材と、該軸部材に装着された請求項1～9何れかに記載のすべり軸受とを備えたカムフォロア。

FIG. 1

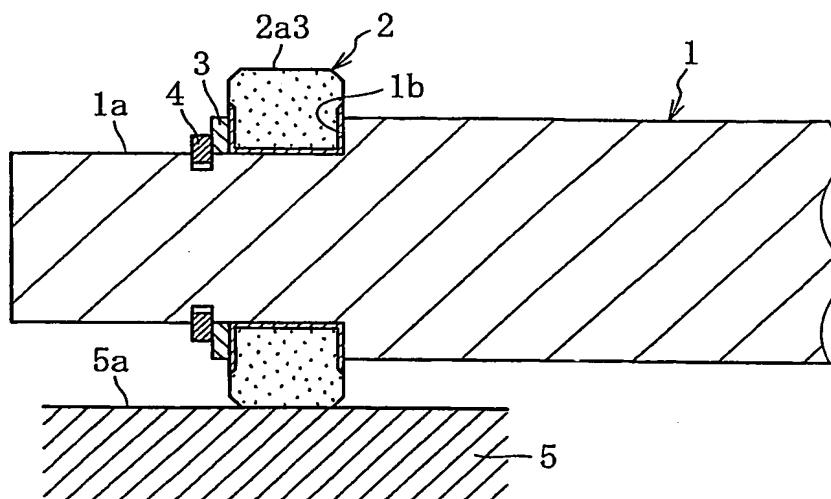


FIG. 2

